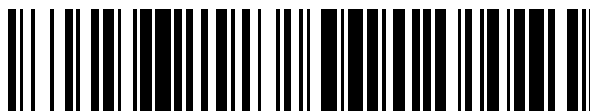


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 467 931**

51 Int. Cl.:

F03D 7/02 (2006.01)

F03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.03.2011** **E 11001715 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.04.2014** **EP 2366895**

54 Título: **Procedimiento para determinar un ángulo azimutal de mantenimiento de una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

15.03.2010 DE 102010011549

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

13.06.2014

73 Titular/es:

**SENVION SE (100.0%)
Überseering 10
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**VON MUTIUS, MARTIN y
STEUDEL, DIRK**

74 Agente/Representante:

IZQUIERDO BLANCO, María Alicia

ES 2 467 931 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

Procedimiento para determinar un ángulo azimutal de mantenimiento de una instalación de energía eólica

Descripción

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para determinar un ángulo azimutal de mantenimiento de una instalación de energía eólica y a un procedimiento para el mantenimiento de una instalación de energía eólica, así como a una instalación de energía eólica para la realización de uno de los procedimientos de mantenimiento.
- 10 En las instalaciones de energía eólica debería realizarse regularmente un mantenimiento. Además, deben repararse instalaciones de energía eólica dañadas, por ejemplo por impactos de rayos o similares. En particular, cuando el mantenimiento o una reparación afecta la cadena de accionamiento de la instalación de energía eólica, puede ser necesario inmovilizar el rotor durante la reparación, para que los montadores puedan trabajar de forma segura. Una inmovilización de este tipo, en particular, es necesaria cuando está dañado un rodamiento del rotor realizándose trabajos de reparación en el mismo. También en caso de cambiar partes del engranaje, del generador o similares en la sala de máquinas, el rotor debe inmovilizarse necesariamente durante los trabajos de mantenimientos. De forma conocida, la sala de máquinas con el rotor se orienta para ello en la dirección del viento y las palas del rotor se colocan en la posición de bandera inmovilizándose a continuación el rotor.
- 15 El inconveniente de los procedimientos de mantenimiento conocidos es, no obstante, la aparición de pares relativamente elevados en el rotor en caso de direcciones del viento variables. En particular, en caso de trabajos de mantenimiento cuya duración es difícil de estimar, como el cambio de rodamientos del rotor o el desmontaje de un engranaje, debe comprobarse el estado de mantenimiento con una ráfaga como ha de esperarse una vez al año, produciéndose pares del orden de magnitud de tres veces el par nominal.
- 20 Por el documento EP 2 058 513 A2 se conoce un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica, haciéndose pasar el rotor para el mantenimiento a una posición de parada. Se determina la posición de parada alcanzada del rotor.
- 25 En el documento DE 197 17 059 C1 se da a conocer un procedimiento para hacer pasar las palas del rotor de una instalación de energía eólica a una posición de estacionamiento con unas velocidades del viento elevadas.
- 30 En el documento WO 2008/145126 A2 se da a conocer un procedimiento para el funcionamiento de una instalación de energía eólica en la que se determina el ángulo azimutal de las palas del rotor y en el que se adapta el ángulo de paso de las palas del rotor de tal modo que durante una rotación completa del rotor se ofrece un ángulo de ataque sustancialmente constante.
- 35 En el documento US 2005/0175451 A1 se da a conocer una instalación de energía eólica en un pilón con una unidad de control que adapta el ángulo de ataque del viento en la pala del rotor también en función de la desviación del pilón de la vertical.
- 40 El objetivo de la invención es poner a disposición una mejora de los procedimientos de mantenimiento conocidos, un procedimiento para poner a disposición los parámetros necesarios para el procedimiento de mantenimiento mejorado, así como una instalación de energía eólica para la realización de un procedimiento de mantenimiento.
- 45 En principio, el concepto de mantenimiento o trabajos de mantenimientos debe entenderse en el sentido más amplio, en particular se refiere no solo a mantenimientos rutinarios sino también a reparaciones, el cambio de piezas y otros trabajos.
- 50 Respecto al procedimiento para la puesta a disposición de los parámetros necesarios, el objetivo se consigue mediante un procedimiento para determinar el ángulo azimutal de mantenimiento de una instalación de energía eólica. La instalación de energía eólica presenta una sala de máquinas giratoria en una torre a lo largo de un ángulo azimutal. Preferiblemente, la sala de máquinas es giratoria mediante un sistema de seguimiento del viento alrededor de un eje de giro que se extiende sustancialmente en la dirección perpendicular respecto a la tierra y preferiblemente en una dirección longitudinal de la torre. El ángulo azimutal es una posición angular de la sala de máquinas alrededor del eje de giro.
- 55 Por ángulo azimutal de mantenimiento se entiende aquí la posición angular de la sala de máquinas respecto a la dirección del viento, a la que se hace girar la sala de máquinas para el mantenimiento del rotor o de la cadena de accionamiento dispuesta a continuación del mismo. Puede inmovilizarse en el ángulo azimutal de mantenimiento en la torre o preferiblemente puede seguir cambios de las direcciones del viento que se produzcan eventualmente en el ángulo azimutal de mantenimiento.
- 60 Como ángulo cero de la medición del ángulo azimutal se elige preferiblemente la dirección del viento del campo de viento que incide en la instalación. Como alternativa, también puede elegirse como punto cero una dirección a elegir libremente, en particular, también la dirección principal del viento del emplazamiento. No obstante, en la alternativa, el ángulo diferencial entre la dirección elegida y el ángulo azimutal de mantenimiento así determinado, por un lado, y
- 65

la dirección elegida y la dirección del viento, por otro lado, es el ángulo físicamente relevante que se tiene en cuenta en el procedimiento de determinación según la invención.

La instalación de energía eólica presenta un rotor dispuesto de forma giratoria en un lado de la sala de máquinas que en el servicio está orientado preferiblemente en la dirección del viento. La posición angular del rotor alrededor de un eje de giro del rotor dispuesto preferiblemente en una dirección longitudinal de la sala de máquinas se denomina aquí ángulo del rotor. El eje de giro del rotor está dispuesto preferiblemente en una dirección sustancialmente horizontal respecto a la tierra. La formulación incluye aquí también formas de realización en las que el eje de giro puede estar inclinado un ángulo de inclinación respecto a la tierra, estando situado este ángulo en muchos casos entre 3° y 10°.

Como ángulo cero de la medición del ángulo del rotor está prevista la posición de una de las palas del rotor en la dirección longitudinal de la torre por encima de la sala de máquinas, la llamada posición de las 12 horas de una de las palas del rotor. Gracias a la simetría del rotor de 120°, el procedimiento según la invención para determinar el ángulo azimutal no tiene que basarse en un ángulo del rotor a lo largo de una vuelta completa de 360°, sino solo en el sector más pequeño de 0° a 120°, si el rotor está realizado con tres palas del rotor distanciadas 120° una de la otra en la dirección de giro. En caso de que en la simetría del rotor haya que tener en cuenta tolerancias más grandes debido al tipo de construcción, es necesario basarse en una vuelta completa del rotor.

La idea de la invención también está basada en el descubrimiento sorprendente que no siempre es razonable elegir el ángulo azimutal de mantenimiento de tal modo que en la posición del ángulo azimutal de mantenimiento exacta se genera el par más bajo en el rotor. En la práctica se ha mostrado que son más decisivos para la carga otros criterios que van más allá, que se refieren al entorno del ángulo azimutal de mantenimiento, que solo el criterio único o al menos en gran medida predominante de un mínimo del par exactamente en el ángulo azimutal de mantenimiento. El objetivo del procedimiento de determinación según la invención es, por lo tanto, en particular encontrar un ángulo azimutal de mantenimiento al que se hace girar la sala de máquinas para el mantenimiento y que solo permite pares lo más pequeños posibles en el rotor en toda una gama de variaciones de las direcciones del viento. El rotor está preferiblemente inmovilizado durante el mantenimiento, mientras que la sala de máquinas preferiblemente sigue siendo giratoria durante el mantenimiento, en particular para poder hacerse seguir una dirección del viento que cambia durante el mantenimiento.

El ángulo azimutal de mantenimiento puede determinarse para un tipo de instalación de energía eólica determinado mediante simulación o mediante la captación de valores de medición reales, obtenidos mediante instrumentos de medición instalados en la instalación de energía eólica propiamente dicha. En primer lugar, se especifica un campo de viento mediante simulación o de forma real mediante la naturaleza y se asigna una dirección del viento al mismo. En caso de vientos variables, la dirección del viento puede ser la dirección principal actual del viento. No obstante, para determinar los pares y como base para el procedimiento de determinación del ángulo azimutal de mantenimiento, solo son determinantes los ángulos relativos entre la dirección del viento y la orientación del eje de giro del rotor. Preferiblemente también en el caso de simulaciones se trata de un campo de viento turbulento, puesto que así se reproducen claramente mejor las circunstancias reales.

Según la invención, para el procedimiento de determinación se ajusta una pluralidad de combinaciones de ángulos del rotor y ángulos azimutales mediante un programa de simulación de forma numérica o en una instalación de energía eólica real.

Por un lado, debe distinguirse en qué combinaciones se basa realmente la determinación de un ángulo azimutal de mantenimiento y, por otro lado, como se determinan las combinaciones necesarias para ello. Para la determinación de las combinaciones de ángulo del rotor y ángulo azimutal debe distinguirse en particular, por un lado, entre el caso del rotor fijado con un ángulo del rotor constante y, por otro lado, el ángulo del rotor variable para la determinación del ángulo azimutal de mantenimiento. En particular, puede determinarse un ángulo azimutal de mantenimiento para distintos ángulos del rotor fijados o al mismo tiempo para varios ángulos del rotor o todos los ángulos del rotor.

Se determinan preferiblemente para cada una de las combinaciones los pares que actúan por el campo de viento, en particular también el campo de viento turbulento, sobre el rotor inmovilizado. La determinación de los pares también puede realizarse de forma numérica mediante un programa de simulación o mediante técnicas de medición con ayuda de un medidor de par dispuesto en el rotor del árbol del rotor o la cadena de accionamiento dispuesta a continuación. También pueden realizarse las dos cosas de forma combinada, apoyándose y, dado el caso, adaptándose en particular los resultados de la simulación mediante mediciones. Durante la simulación se calculan los pares. En particular, en caso de una simulación puede elegirse la dirección del viento exactamente desde el norte. De este modo se simplifica el cálculo.

En particular, al realizar las simulaciones no es importante si el ángulo del rotor se cambia con un ángulo azimutal fijado o si se cambia por lo contrario el ángulo azimutal con el ángulo del rotor fijado, o si se observan en simulaciones de Monte Carlo sucesivamente combinaciones aleatorias de los dos ángulos, hasta que el espacio a examinar esté suficientemente cubierto.

Para la determinación de los pares que actúan sobre el rotor con el ángulo del rotor y el ángulo azimutal variables con fuerzas del viento diferentes pueden realizarse tanto procedimientos de simulación como mediciones reales. Los procedimientos de simulación suministran también para un número de combinaciones a elegir libremente de ángulo azimutal y ángulo del rotor de forma sencilla, ya que de forma numérica, valores de pares, aunque éstos pueden diferir de los pares reales. Las mediciones reales del par con distintas combinaciones de ángulos mediante medidores del par son más exactas, pero requieren más tiempo y solo pueden realizarse con un viento suficientemente fuerte.

Para las mediciones de pares puede cambiarse por ejemplo el ángulo azimutal con un ángulo del rotor fijado y puede realizarse una medición tras cada cambio del ángulo azimutal; hasta que el ángulo azimutal haya pasado por una vuelta de 360°. A continuación, puede ajustarse un nuevo ángulo del rotor y puede realizarse una nueva serie de mediciones correspondiente.

No obstante, en particular en caso de la determinación de los valores mediante mediciones, puede fijarse preferiblemente el ángulo azimutal y cambiarse el ángulo del rotor entre 0° y 120° y pueden captarse los valores de medición del par para cada cambio, para girar el ángulo azimutal a continuación un incremento determinado y volver a cambiar en la nueva posición a su vez los ángulos del rotor en el sector angular indicado.

En la práctica es más fácil y requiere menos tiempo ajustar el ángulo del rotor varias veces nuevamente a lo largo de sectores angulares relativamente grandes simplemente mediante un giro del rotor y frenados repetidos que ajustar nuevamente repetidas veces el ángulo azimutal de mantenimiento mediante giro de toda la sala de máquinas a lo largo de sectores angulares relativamente grandes.

En el caso del ángulo del rotor fijado, se genera una pluralidad de combinaciones de ángulo del rotor y ángulo azimutal mediante el cambio del ángulo azimutal. En caso de simulaciones, se determinan los pares que se producen bajo la acción de un campo de viento preferiblemente turbulento, por lo general generado de forma sintética.

Los pares calculados o medios se asignan al ángulo azimutal de la combinación. A un ángulo azimutal fijo puede estar asignada una pluralidad de distintos pares según el ángulo del rotor. En particular, mediante cambios de la fuerza del viento y de la dirección del viento a lo largo del tiempo, el rotor tiene asignados distintos pares, también en caso de un ángulo del rotor fijado con un ángulo azimutal constante.

Se determina una envolvente de par de las asignaciones de par-ángulo azimutal. La envolvente de par envuelve las asignaciones de par-ángulo azimutal determinadas de una forma representativa. Esto puede significar distintas cosas: La envolvente puede comprender los valores de par más elevados en cuanto al valor para preferiblemente cada uno de los ángulos azimutales. Los valores de par adyacentes más elevados en cuanto al valor pueden ser unidos como valores de envolvente preferiblemente de forma continua, en particular de forma poligonal o lisa entre sí para formar la envolvente. En lugar de los valores de par más elevados en cuanto al valor para cada uno de los ángulos azimutales también puede determinarse como valor de envolvente de forma estadística el valor medio del par de los pares determinados para cada ángulo azimutal y preferiblemente teniéndose en cuenta la desviación estándar correspondiente. En el caso indicado en último lugar, en función de la seguridad de concepción deseada se suma un múltiplo de la desviación estándar de los pares determinados al valor medio de par del ángulo azimutal. No obstante, también son posibles otros procedimientos basados en métodos conocidos para la evaluación de datos estoquásticos para la determinación de la envolvente.

En particular, la determinación de la envolvente de par puede pasarse desde principio en combinaciones de ángulos del rotor y ángulos azimutales, siendo variable también el ángulo del rotor. No obstante, también puede determinarse para cada ángulo del rotor predeterminado, fijado, respectivamente un ángulo azimutal de mantenimiento, comparándose a continuación preferiblemente entre sí los distintos ángulos azimutales de mantenimiento. En este caso se determinan para cada ángulo del rotor predeterminado una envolvente de par.

Gracias a la fijación del ángulo del rotor puede determinarse un ángulo azimutal de mantenimiento especialmente favorable en función del ángulo del rotor, que presenta valores de par especialmente bajos.

La envolvente de par asigna preferiblemente a cada ángulo azimutal con preferencia exactamente un valor de la envolvente de par. En las formas de realización indicadas de la invención, la envolvente de par es la base de otras etapas del procedimiento para determinar el ángulo azimutal de mantenimiento.

Se forman entornos de los ángulos azimutales. Por entorno se entiende aquí un intervalo angular alrededor de un ángulo azimutal predeterminado. El entorno presenta un tamaño de sector determinado, es decir, cubre un intervalo de ángulos azimutales determinado. Pueden formarse entornos de ángulos azimutales distanciados entre sí lo que corresponde a un incremento que es preferiblemente igual. No obstante, los entornos también pueden formarse de forma continua a lo largo del eje de ángulos azimutales. Los ángulos azimutales de los entornos tienen asignados preferiblemente valores unívocos de la envolvente de par.

- Los entornos presentan un tamaño de sector comparable. Los entornos pueden estar situados en particular todos en un intervalo de tamaños de sector predeterminado. El intervalo de tamaños de sector está formado preferiblemente por un tamaño de sector medio con una tolerancia de $\pm 10\%$, preferiblemente $\pm 5\%$ de su tamaño de sector. No obstante, también deben darse a conocer todas las otras desviaciones entre $\pm 20\%$ y $\pm 1\%$ de un tamaño de sector medio. Es favorable que todos los entornos tengan sustancialmente el mismo tamaño, preferiblemente que todas tengan un tamaño exactamente igual y que estén formados preferiblemente de forma simétrica alrededor del ángulo azimutal predeterminado que tienen asignado, dispuesto preferiblemente de forma central en el entorno.
- El tamaño del sector de los entornos alrededor de un ángulo azimutal tiene en cuenta las direcciones del viento variables, puesto que físicamente tiene el mismo significado si se cambia el ángulo azimutal respecto a una dirección del viento constante en el interior del entorno y se miden los pares que actúan sobre el rotor o si, por lo contrario, se mantiene fijado el ángulo azimutal respecto a la tierra y cambia la dirección del viento en el interior del tamaño del sector del entorno respecto a la tierra midiéndose a continuación los pares que actúan sobre el rotor.
- El tamaño del sector es una medida para las variaciones que existen preferiblemente de forma habitual en el lugar de montaje de la instalación de energía eólica de la dirección del viento. El tamaño del sector es con preferencia aproximadamente $\pm 15\%$, en particular con preferencia aproximadamente $\pm 8\%$.
- El ángulo azimutal de mantenimiento se determina en el interior de un entorno seleccionado. El entorno se selecciona determinándose los valores correspondientes de los valores de la envolvente de par y comparándose los valores de la envolvente de par de los distintos entornos entre sí y seleccionándose un entorno con los valores de envolvente de par más bajos en cuanto al valor.
- Preferiblemente se determina en una pluralidad de entornos, preferiblemente de cada uno de los entornos, respectivamente el valor de la envolvente de par más elevado en cuanto al valor, a continuación se comparan entre sí los valores de la envolvente de par más elevados en cuanto al valor de los entornos y se selecciona el entorno cuyo valor de envolvente de par más elevado en cuanto al valor determinado de este modo es el valor más bajo de los valores de la envolvente de par más elevados en cuanto al valor comparados entre sí.
- No obstante, también puede seleccionarse una diferencia máxima de los valores de la envolvente de par en el interior de los entornos seleccionándose el entorno con la diferencia máxima más pequeña.
- En este caso, el ángulo azimutal de mantenimiento se determina en el interior del entorno seleccionado. Para ello puede determinarse el valor medio del sector como ángulo azimutal de mantenimiento. Preferiblemente se determina como ángulo azimutal de mantenimiento el ángulo azimutal asignado a un mínimo local, preferiblemente global respecto al entorno de la envolvente de par en el entorno seleccionado. Gracias a ello, el par que ataca en el rotor durante el mantenimiento es especialmente reducido al soplar el viento desde la dirección principal del viento.
- De forma especialmente preferible, el par asignado al ángulo azimutal de mantenimiento forma un mínimo de par local. También puede tratarse del mínimo más cercano al valor medio del entorno.
- En otra forma de realización del procedimiento según la invención se determina en el interior de cada uno de los entornos el mínimo con los máximos adyacentes más elevados. A continuación, se selecciona el entorno cuyo máximo adyacente más elevado es el más bajo. El mínimo asignado al máximo más bajo se determina a continuación como ángulo azimutal de mantenimiento.
- También es concebible determinar para la determinación del ángulo azimutal de mantenimiento una pendiente media en cada uno de los dos lados de un valor preferiblemente medio del entorno y seleccionar el entorno con las pendientes medias más pequeñas en cuanto al valor en cada uno de los lados y determinar el ángulo azimutal de mantenimiento como valor medio del entorno seleccionado.
- Además, puede determinarse una pendiente en cada punto del entorno y seleccionarse un entorno con las pendientes más bajas determinándose un mínimo del entorno seleccionado como ángulo azimutal de mantenimiento.
- En otra forma de realización del procedimiento de determinación según la invención se determina el ángulo azimutal asignado al mínimo más ancho para el mantenimiento. Por mínimo más ancho en el interior del entorno seleccionado se entiende el mínimo cuyo entorno directo presenta las pendientes más bajas de la envolvente de par en comparación con los entornos directos de otros mínimos. Puesto que el mínimo más ancho no tiene que ser forzosamente el mínimo global, es cierto que el par puede ser algo mayor cuando el viento sopla desde la dirección principal del viento, aunque los pares son eventualmente más bajos en caso de variaciones de la dirección del viento alrededor del mínimo más ancho que en caso de variaciones alrededor del mínimo global.
- En particular, una forma de realización preferible de la invención prevé una combinación de dos o más de los criterios de selección arriba indicados, realizándose en particular una ponderación de los criterios individuales mediante un factor de ponderación.

En segundo lugar, el objetivo se consigue mediante un procedimiento para el mantenimiento de una instalación de energía eólica con una sala de máquinas giratoria en una torre a lo largo de un ángulo azimutal y un rotor giratorio en la sala de máquinas a lo largo de un ángulo del rotor, haciéndose girar la sala de máquinas a un ángulo azimutal de mantenimiento determinado en particular mediante al menos uno de los procedimientos arriba indicados, inmovilizándose el rotor y realizándose trabajos de mantenimiento en la sala de máquinas manteniéndose el ángulo azimutal de mantenimiento.

El rotor se inmoviliza según la invención durante el mantenimiento, para poder realizar de forma segura los trabajos de mantenimiento en la cadena de accionamiento en reposo. La sala de máquinas se hace girar al ángulo azimutal de mantenimiento y puede inmovilizarse posteriormente allí.

No obstante, la sala de máquinas se hace girar preferiblemente mediante un dispositivo de seguimiento del viento también durante los trabajos de mantenimiento en caso de variaciones de la dirección del viento y se hace seguir una dirección del viento o una dirección principal del viento que varía dado el caso durante el mantenimiento.

En una variante preferible del procedimiento de mantenimiento según la invención, en una memoria electrónica se depositan ángulos azimutales de mantenimiento asignados respectivamente a distintos ángulos del rotor junto con el ángulo del rotor correspondiente. Con un dispositivo de medición, preferiblemente un dispositivo de medición angular, que está conectado con una unidad de procesamiento de datos se mide el ángulo del rotor, mediante la unidad de procesamiento de datos se asigna el ángulo azimutal de mantenimiento correspondiente al ángulo del rotor medido y el dispositivo de seguimiento del viento hace girar la sala de máquinas al ángulo azimutal de mantenimiento correspondiente. El procedimiento de mantenimiento se aplica de forma favorable cuando se han captado varias relaciones de par-ángulo azimutal parametrizadas por el ángulo del rotor. De este modo es posible un mantenimiento adaptado al ángulo del rotor con una carga reducida por el par.

El procedimiento es especialmente adecuado para la aplicación en caso de rotores que ya no pueden girar por un defecto.

En otra variante preferible del procedimiento según la invención, el rotor se hace girar antes de su inmovilización a un ángulo del rotor de mantenimiento y un ángulo azimutal de mantenimiento asignado a este ángulo del rotor de mantenimiento. Los dos ángulos pueden ajustarse sucesivamente en un orden a elegir libremente o también al mismo tiempo.

No obstante, el procedimiento indicado en último lugar solo puede realizarse si el rotor sigue siendo giratorio a pesar del defecto.

La sala de máquinas se hace girar preferiblemente a un ángulo azimutal de mantenimiento entre -170° y -100° o entre 100° y 170° , de forma especialmente preferible a -135° o $+135^\circ$. Conforme a lo previsto, en estos sectores angulares están situados los ángulos azimutales de mantenimiento especialmente favorables.

En una variante especialmente preferible de la invención, se desmonta al menos parcialmente una cadena de accionamiento dispuesta en la sala de máquinas, se interrumpe una conexión de comunicación entre la unidad de procesamiento de datos y un cubo del rotor y se conecta un dispositivo auxiliar con la unidad de procesamiento de datos simulándose de este modo la conexión de comunicación con el cubo del rotor.

En una configuración ventajosa de la invención, la unidad de procesamiento de datos dispuesta en la sala de máquinas se encarga también de la regulación y del control de la instalación de energía eólica en el servicio normal para la alimentación a la red. Habitualmente, para ello los ángulos de incidencia de las palas son ajustados por un sistema de ajuste de palas dispuesto en un cubo del rotor. Como sistema de freno primario, el ajuste de palas es de importancia central para la seguridad de una instalación de energía eólica grande. La comunicación entre la unidad de procesamiento de datos y el sistema de ajuste de palas en el cubo del rotor se realiza habitualmente mediante un haz de cables que es guiado por un taladro en un árbol del rotor o un muñón del eje y, dado el caso, por un engranaje principal. La transmisión de datos del sistema parado al sistema giratorio se realiza de forma ventajosa mediante anillos de deslizamiento o un transmisor giratorio sin contacto. Ocasionalmente, el procedimiento según la invención con inmovilización del rotor sirve para el cambio de componentes, p.ej. de la conexión de cables, los anillos de deslizamiento, el sistema de ajuste de palas o incluso de todo el engranaje principal, de modo que es necesaria una interrupción de la conexión de comunicación con el cubo del rotor. En particular, en el caso de instalaciones de energía eólica más antiguas, una interrupción de la comunicación con el ajuste de palas crítico para la seguridad conduce a un estado en el que todo el control de la instalación de energía eólica deja de funcionar. Por lo tanto, la unidad de procesamiento de datos o el control ya tampoco puede mandar un dispositivo de seguimiento del viento para el ajuste de un ángulo azimutal de mantenimiento.

Para evitar esto, una forma de realización especialmente ventajosa de la invención prevé que para trabajos de este tipo la conexión de comunicación en el cubo del rotor sea sustituida por un dispositivo auxiliar, que simula una comunicación capaz de funcionar con el cubo del rotor. El cambio de la conexión del dispositivo auxiliar a las conexiones de la conexión de comunicación puede realizarse en pocos minutos, en los que no han de esperarse

grandes cambios de la velocidad del viento y/o de la dirección del viento.

Un dispositivo auxiliar de este tipo, denominado también “caja de simulación de cubo” simula entre otras cosas mensajes de estado para la unidad de procesamiento de datos, que son emitidos p.ej. por un sistema de ajuste de palas que funciona correctamente o por otros componentes en el cubo del rotor, p.ej. botón de parada de emergencia, sistemas descongeladores de pala, sensores u otros sistemas, para simular para la unidad de procesamiento de datos un estado listo para el servicio. Tras el inicio del procedimiento según la invención y el cambio de conexión al dispositivo auxiliar, la instalación se encuentra en un modo de mantenimiento seguro, de modo que pueden realizarse sin peligro también trabajos de reparación de una duración relativamente larga. Tras finalizar los trabajos, el dispositivo auxiliar es sustituido por supuesto nuevamente por la conexión de comunicación correcta con el cubo del rotor. Preferiblemente, la inmovilización del rotor no vuelve a soltarse hasta después de haberse restablecido sin errores la conexión de comunicación con el cubo del rotor y se haya comprobado la misma. Por lo tanto, se pone a disposición un procedimiento muy seguro.

Como alternativa a esta forma de realización del procedimiento según la invención, en instalaciones de energía eólica a desarrollar nuevamente, puede preverse para ello un modo de mantenimiento en la instalación de procesamiento de datos o el control de la instalación de energía eólica, en el que se mantiene listo para el servicio el dispositivo de seguimiento del viento, a pesar de haberse interrumpido la comunicación con el cubo del rotor.

El objetivo se consigue también mediante una instalación de energía eólica con una sala de máquinas giratoria en una torre a lo largo de un ángulo azimutal y un rotor giratorio en la sala de máquinas a lo largo de un ángulo del rotor y con una memoria electrónica para al menos un ángulo azimutal de mantenimiento y un dispositivo de seguimiento del viento, con el que la sala de máquinas puede girarse a un ángulo azimutal de mantenimiento para el mantenimiento.

Es favorable que en la memoria electrónica estén depositados varios ángulos azimutales de mantenimiento para distintos ángulos del rotor junto con el ángulo del rotor.

Un dispositivo medidor de par del ángulo del rotor está conectado con una unidad de procesamiento de datos y en la unidad de procesamiento de datos está asignado un ángulo azimutal de mantenimiento que corresponde a un ángulo del rotor medido y la sala de máquinas es giratoria al ángulo azimutal de mantenimiento con un dispositivo de seguimiento del viento.

La memoria y/o la unidad de procesamiento de datos pueden formar parte de la instalación de energía eólica. Una instalación de energía eólica de este tipo es autónoma.

No obstante, también es concebible que la instalación de energía eólica presente una interfaz externa, mediante la cual pueden transmitirse los datos de medición de los ángulos del rotor a una unidad de procesamiento de datos central, en particular de un parque eólico, y llamarse mediante los datos de los ángulos azimutales de mantenimiento de una unidad de memoria central prevista para un parque eólico.

De este modo se renuncia de forma ventajosa a varias memorias y unidades de procesamiento de datos.

La invención se describirá con ayuda de un ejemplo de realización en cuatro Figuras. Muestran:

La Figura 1 una vista en planta desde arriba esquemática de una instalación de energía eólica.

La Figura 2 una vista lateral esquemática de una instalación de energía eólica.

La Figura 3 una vista frontal esquemática de una instalación de energía eólica.

La Figura 4 una representación gráfica de los pares en función del ángulo azimutal con cuatro posiciones distintas del rotor.

La Figura 1 muestra en una vista en planta desde arriba esquemática una instalación de energía eólica con una sala de máquinas 10 y un rotor 20. La torre 30 prevista en el lado del suelo de la sala de máquinas 10 es al mismo tiempo el eje de giro de la sala de máquinas 10 con el rotor 20. Una posición angular del rotor 20 frente al norte N como punto de referencia elegido libremente se denomina ángulo azimutal α . El ángulo azimutal α puede controlarse mediante un accionamiento que hace girar la sala de máquinas 10 en la torre 30. Una dirección del viento ϵ está dibujada enfrente del mismo punto de referencia norte N. En el servicio, el rotor 20 se hace seguir la dirección del viento ϵ mediante cambio del ángulo azimutal α , de modo que los dos coinciden sustancialmente. La diferencia entre el ángulo azimutal α y la dirección del viento ϵ en la Figura 1 muestra el ángulo azimutal de mantenimiento α_W .

En la Figura 1 también está representado en el ángulo γ de la dirección ondulante del viento respecto al norte N. Habitualmente, el viento sopla desde la dirección del viento ϵ con una fuerza del viento que varía de forma ondulante alrededor de un valor medio. En particular, la dirección ondulante γ puede diferir de la dirección del viento ϵ .

La Figura 2 representa la estructura esquemática de la instalación de energía eólica según la Figura 1 en una vista lateral. La sala de máquinas 10 está dispuesta de forma giratoria alrededor del ángulo azimutal α (no dibujado) en una torre 30. Al costado de barlovento en el servicio de la sala de máquinas 10 está previsto el rotor 20. La Figura 2 muestra un ángulo de inclinación β como ángulo de la sala de máquinas 10, estando representado este ángulo de inclinación de forma exagerada con fines ilustrativos. El ángulo de inclinación β está definido como ángulo de un eje longitudinal de la sala de máquinas 10 respecto a la tangencial a la superficie de la tierra (horizontal). El costado de barlovento de la sala de máquinas 10 está ligeramente elevado en la Figura 1 lo que corresponde al ángulo de inclinación β .

La Figura 2 muestra también el ángulo de cono γ del rotor 10. El ángulo de cono γ se ha elegido igual para las tres palas del rotor distanciadas 120° una de la otra. El ángulo de cono γ es según la definición el ángulo que cada una de las palas del rotor está inclinada en el costado de barlovento desde un plano de pala del rotor del rotor 20 de la sala de máquinas 10.

La Figura 3 muestra la instalación de energía eólica en una vista frontal con el ángulo del rotor δ que varía continuamente en el servicio. El ángulo del rotor δ es el ángulo de una pala del rotor 20 predeterminada respecto a la dirección perpendicular respecto a la tierra 40. Está situado, por lo tanto, entre 0° y 360° . En el caso de rotores simétricos, no es necesaria una distinción entre las distintas palas para la realización del procedimiento según la invención, por lo que basta con un intervalo de 0° a 120° . La dirección perpendicular coincide en la Figura 3 con la dirección longitudinal de la torre 30.

Por ángulo azimutal de mantenimiento α_w se entiende el ángulo azimutal α al que se hace girar la sala de máquinas 10 para el mantenimiento de la instalación de energía eólica respecto a la dirección del viento. En un entorno angular predeterminado del ángulo azimutal de mantenimiento α_w , los pares máximos que actúan sobre el rotor 20 inmovilizado son mínimos. Los distintos pares se forman por las velocidades del viento y direcciones del viento que cambian ligeramente, la llamada turbulencia del viento, a las que está expuesto el rotor 20 inmovilizado.

El ángulo azimutal de mantenimiento α_w se determina individualmente para cada tipo de instalación de energía eólica. Depende en particular del ángulo de inclinación β y del ángulo de cono γ , pero también de la torsión y la geometría restante de la pala del rotor. La torsión de la pala del rotor es sustancialmente la torsión propia de cada pala del rotor individual a lo largo de su dirección longitudinal. Al elegir otras palas del rotor en un tipo de instalación de energía eólica igual resulta, por lo tanto, por lo general otro ángulo azimutal de mantenimiento α_w . En caso de otro ángulo de inclinación β y/o ángulo de cono γ también resulta otro ángulo azimutal de mantenimiento α_w . Cuando los cambios geométricos son pequeños, el cambio del ángulo azimutal de mantenimiento α_w puede ser tan reducido que es despreciable en la práctica.

El procedimiento para la determinación del ángulo azimutal de mantenimiento α_w se explicará con ayuda de la Figura 4.

En primer lugar, se determina la dirección del viento ε . El rotor se orienta en la dirección del viento ε . La dirección del viento ε en la Figura 4 es el norte N y, por lo tanto, $\varepsilon=0$. El ángulo azimutal α se mide respecto al norte N.

Cada pala del rotor se hace pasar a la llamada posición de bandera, es decir, se hace girar respecto a la posición de servicio de carga parcial (fine pitch) por ejemplo 91° alrededor de su eje longitudinal correspondiente. En la posición de bandera, el viento que llega exactamente de la dirección del viento N genera un par reducido. Para la determinación del par, en el rodamiento del rotor entre la sala de máquinas 10 y el rotor 20 puede estar previsto un medidor de par o en el árbol del rotor puede estar previsto un puente de medición en forma de calibre extensométrico. No obstante, la determinación del par en la Figura 4 se realiza mediante un programa de simulación.

En primer lugar, se elige el ángulo del rotor $\delta=0^\circ$. En este ángulo del rotor δ , la dirección longitudinal de una de las tres palas del rotor está dispuesta en la dirección perpendicular hacia arriba (en la dirección opuesta a la tierra 40). Para el ángulo del rotor $\delta=0^\circ$, se determina el par para una serie de ángulos azimutales α dispuestos a distancia regulares. La curva parametrizada por el ángulo del rotor $\delta=0^\circ$ está caracterizada por una línea con rombos. Cada valor individual puede ser p.ej. el valor medio o el valor máximo de muchas mediciones individuales, de modo que la línea con rombos representada ya puede ser la envolvente de muchos valores individuales. En la Figura 4 se realizan determinaciones del par a distancias de $\alpha=10^\circ$. Las determinaciones se realizaron para los ángulos azimutales α distanciados 10° unos de otros a lo largo de una vuelta completa de 360° de la sala de máquinas 10 alrededor de la torre 30. La curva de pares para el ángulo del rotor $\delta=0^\circ$ presenta mínimos a $\alpha=30^\circ$, 50° , 135° , 210° y 315° .

La Figura 4 muestra la curva de pares también para el ángulo del rotor $\delta=30^\circ$ (curva con cuadrados), para $\delta=60^\circ$ (curva con triángulos) y para $\delta=90^\circ$ (curva con asteriscos). A lo largo de cada curva, cada una de las palas del rotor está en la posición de bandera. También pueden determinarse otras curvas parametrizadas.

En la siguiente etapa, se determina una envolvente (no dibujada) de las cuatro curvas a partir de las cuatro curvas de pares parametrizadas en la Figura 4. La envolvente está definida por el valor de par máximo de las cuatro curvas

para cada ángulo azimutal.

La determinación del ángulo azimutal de mantenimiento α_w se realiza con ayuda de la envolvente.

- 5 En primer lugar, se predetermina un entorno $U(\alpha)$ de un tamaño de sector definido, p.ej. $U(\alpha)=+10^\circ$. El entorno $U(\alpha)$ se desplaza a continuación de forma continua a largo del eje x en la Figura 4, empezando con $\alpha=0^\circ$ a $\alpha=360^\circ$ respecto al centro del entorno $U(\alpha)$. Para cada posición del entorno $U(\alpha)$ a lo largo del eje x se determina y almacena el par máximo de la envolvente en el entorno $U(\alpha)$. Cada posición del entorno $U(\alpha)$ tiene asignada un par máximo.
- 10 Después de haber pasado por el entorno $U(\alpha)$ pasando por todos los ángulos azimutales α y después del registro de los pares más elevados se elige el entorno $U(\alpha_w)$ cuyo par más elevado es mínimo desde el punto de vista global. El entorno $U(\alpha_w)$ seleccionado está dibujado en la Figura 4. El centro del entorno $U(\alpha_w)$ seleccionado es el ángulo azimutal de mantenimiento α_w . En la Figura 4, el ángulo azimutal de mantenimiento $\alpha_w=135^\circ$ y es válido para cualquier ángulo del rotor.
- 15 El tamaño del entorno $U=\pm 10^\circ$ se ha elegido de tal modo que tiene en cuenta las variaciones principales de la dirección del viento de un viento en el lugar de montaje de la instalación de energía eólica.

El ángulo azimutal de mantenimiento α_w es una función del ángulo de inclinación β , del ángulo de cono γ y de la torsión y la geometría de la pala del rotor. Para una constelación predeterminada, el ángulo azimutal de mantenimiento α_w es una magnitud fija de la instalación de energía eólica.

Para la realización de trabajos de mantenimiento en la instalación de energía eólica, la sala de máquinas 10 de la instalación de energía eólica se hace girar al ángulo azimutal de mantenimiento de $\alpha_w=135^\circ$ respecto a la dirección del viento y se hace seguir la dirección del viento con el dispositivo de seguimiento del viento al cambiar la dirección del viento, permaneciendo las palas del rotor siempre en la posición de bandera. Las variaciones de la dirección del viento que se producen durante los trabajos de mantenimiento generan de este modo un par más elevado mínimo en el rotor 20.

También es concebible una variante del procedimiento arriba descrito para determinar un ángulo azimutal de mantenimiento. En este caso no se determina una envolvente para todos los ángulos del rotor δ , sino que se determina el ángulo del rotor δ y la curva parametrizada con el ángulo del rotor δ determinado se somete como envolvente al procedimiento arriba descrito. En este caso, la envolvente coincide con la curva de medición.

Otra variante del procedimiento según la invención para determinar el ángulo azimutal de mantenimiento α_w mediante cálculos de simulación prevé proceder de la siguiente manera: Puesto que simulaciones de carga con un campo de viento turbulento requieren mucho tiempo de cálculo y son costosas, se realiza en primer lugar una estimación aproximada de los pares existentes para distintas combinaciones del ángulo del rotor δ y ángulos azimutales α con una velocidad del viento constante. Esto se consigue preferiblemente mediante respectivamente un cálculo de simulación, en el que se varía el ángulo azimutal α de 0 a 360° con el ángulo del rotor δ fijado, de modo que para cada ángulo del rotor resulta una curva según la Figura 4. En una segunda etapa se seleccionan intervalos de ángulos azimutales de mantenimiento α_w potenciales del curso de la curva; en el curso de curva representado, parecen ser especialmente interesantes, por ejemplo, los intervalos alrededor de los ángulos azimutales de aprox. 50° y 135° . En una tercera etapa, se realizan cálculos de simulación adicionales con campos de viento turbulentos para estos intervalos angulares seleccionados. La selección del ángulo azimutal de mantenimiento α_w definitivo se realiza a continuación basándose en las envolventes de par determinadas en estas simulaciones turbulentas.

La determinación de la envolvente de par se realiza según el procedimiento arriba descrito. Un procedimiento especialmente preferible prevé que de cada combinación de ángulo del rotor δ y ángulos azimutales α se simulan por ejemplo 6 o 10 series de tiempo turbulentos de una duración de 10 minutos, cuyo campo de viento representa por ejemplo el viento a esperar una vez al año, es decir, la velocidad máxima del viento a esperar en el transcurso de un año. A continuación, se determina de cada serie de tiempo el valor máximo del par. Acto seguido, se calcula la media aritmética de los 6 o 10 valores máximos del par de los distintos series de tiempo y este valor medio se usa como valor característico de la envolvente de par. Las simulaciones turbulentas costosas se limitan por lo tanto a pocos entornos previamente seleccionados. A pesar de ello, se obtiene para el ángulo azimutal de mantenimiento α seleccionado la gran seguridad de concepción de una simulación con un campo de viento turbulento, es decir, cercano a la realidad y con una seguridad estadística adicional por una pluralidad de simulaciones.

Para la realización del procedimiento, la instalación de energía eólica presenta un dispositivo de medición, que permite la medición del ángulo del rotor δ . En caso de que el ángulo del rotor δ ya no pueda ser cambiado por un defecto, el dispositivo de medición permite la determinación exacta de los mismos.

En esta variante, la instalación de energía eólica presenta una unidad de memoria o está conectada con una, en la que está depositada una pluralidad de curvas de par-ángulo azimutal parametrizadas mediante el ángulo del rotor δ . Mediante la medición de un ángulo del rotor δ , el dispositivo de medición permite la selección de una curva par-ángulo azimutal de la memoria. Para ello, el dispositivo de medición y la memoria están conectados con una unidad de procesamiento de datos.

El procedimiento arriba descrito para la determinación del ángulo azimutal de mantenimiento α_w se realiza en esta variante para la envolvente, que en este caso coincide con la curva de par-ángulo azimutal determinada.

Para ello, se elige un entorno $U(\alpha)$, que cubre a su vez sustancialmente las variaciones de la dirección del viento en el lugar de montaje de la instalación de energía eólica, p.ej. $U(\alpha)=\pm 10^\circ$ y el entorno $U(\alpha)$ se desplaza en la Figura 4 a lo largo del eje x de forma continua de $\alpha=0^\circ$ a $\alpha=360^\circ$. Para cada posición del entorno $U(\alpha)$ se registra el valor más elevado del par de la curva de par-ángulo azimutal determinada. Después de haber pasado el entorno $U(\alpha)$ por todos los ángulos azimutales α se comparan los valores más elevados y se determina el valor más elevado mínimo y se selecciona el entorno $U(\alpha_w)$ asignado al valor más elevado mínimo. El valor medio exacto del entorno es el ángulo azimutal de mantenimiento α_w para el ángulo del rotor δ determinado.

Si se realiza este procedimiento para la posición del rotor 30° , el ángulo azimutal de mantenimiento se determinará aproximadamente en 280° .

Las curvas mostradas en la Figura 4, comprenden el ángulo de cono γ y el ángulo de inclinación β como parámetros (implícitos). El cambio del ángulo de cono γ y del ángulo de inclinación β cambia las curvas y, por lo tanto, el ángulo azimutal de mantenimiento α_w . También pueden determinarse adicionalmente curvas para distintos ángulos de cono γ y ángulos de inclinación β , para los que también se determina un ángulo azimutal de mantenimiento. No obstante, el ángulo de cono γ y el ángulo de inclinación β no pueden cambiarse para una instalación de energía eólica instalada, al igual que la torsión de la pala, por lo que tampoco es necesario medirlos.

Reivindicaciones

1. Un procedimiento para determinar un ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) de una instalación de energía eólica con una sala de máquinas (10) giratoria en una torre (30) a lo largo de un ángulo azimutal (α) y con un rotor (20) giratorio en la sala de máquinas (10) a lo largo de un ángulo del rotor (δ),
ajustándose una pluralidad de combinaciones de ángulo del rotor (δ) y ángulo azimutal (α),
determinándose los pares que actúan sobre el rotor bajo la acción de un campo de viento para las combinaciones ajustadas del ángulo del rotor (δ) y del ángulo azimutal (α) y asignándose al ángulo azimutal (α) correspondiente, determinándose una envolvente de par de las asignaciones de par-ángulo azimutal,
formándose entornos ($U(\alpha)$) con un tamaño del sector comparable de los ángulos azimutales (α) y determinándose los valores correspondientes de la envolvente de par, seleccionándose un entorno ($U(\alpha_w)$) con valores de la envolvente de par más bajos en cuanto al valor que los entornos adyacentes y determinándose el ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) en el interior del entorno ($U(\alpha_w)$) seleccionado.
2. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** en el interior de una pluralidad de entornos ($U(\alpha)$) se determina respectivamente el valor de envolvente de par más elevado en cuanto al valor, comparándose los valores de la envolvente de par respectivamente más elevados en cuanto al valor y seleccionándose el entorno ($U(\alpha_w)$) cuyo valor de envolvente de par más elevado en cuanto al valor así determinado es el valor más bajo de los valores de la envolvente de par más elevados en cuanto al valor comparados entre sí.
3. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** se seleccionan todos los entornos ($U(\alpha)$) con un tamaño del sector sustancialmente igual, respectivamente, preferiblemente con un tamaño del sector de aproximadamente $\pm 15^\circ$, de forma especialmente preferible $\pm 8^\circ$.
4. El procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se especifica una pluralidad de ángulos azimutales (α) y se ajusta en primer lugar uno de los ángulos azimutales (α) y se combina con varios ángulos del rotor (δ) ajustándose a continuación otros ángulos azimutales (α) que se combinan respectivamente con varios ángulos del rotor (δ).
5. El procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se determina el valor medio, en particular con una tolerancia angular de $\pm 10\%$ del tamaño del sector del entorno ($U(\alpha_w)$) seleccionado como ángulo azimutal de mantenimiento (α_w).
6. El procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el ángulo azimutal (α) asignado a un mínimo local de la envolvente de par del entorno ($U(\alpha_w)$) seleccionado se determina como ángulo azimutal de mantenimiento (α_w).
7. El procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** el ángulo del rotor (δ) para determinar un ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) se mantiene constante, determinándose para una pluralidad de ángulos del rotor (δ) constantes los ángulos azimutales de mantenimiento (α_w) correspondientes con los valores de envolvente de par más elevados en cuanto al valor correspondientes, y comparándose los valores de la envolvente de par más elevados en cuanto al valor entre sí y seleccionándose aquella combinación de ángulo del rotor constante y ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) como ángulo del rotor de mantenimiento y ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) correspondiente, cuyo valor de envolvente de par más elevado en cuanto al valor determinado es el más bajo de los valores de la envolvente de par más elevados en cuanto al valor comparados entre sí.
8. Un procedimiento para el mantenimiento de una instalación de energía eólica con una sala de máquinas (10) giratoria en una torre (30) a lo largo de un ángulo azimutal (α) y con un rotor (20) giratorio en la sala de máquinas (10) a lo largo de un ángulo del rotor (δ):
haciéndose girar la sala de máquinas (10) a un ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) determinado mediante un procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones anteriores y realizándose trabajos de mantenimientos en la sala de máquinas (10) con el rotor inmovilizado manteniéndose el ángulo azimutal de mantenimiento (α_w),
entendiéndose por ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) la posición angular de la sala de máquinas (10) respecto a la dirección del viento, a la que se hace girar la sala de máquinas (10) para el mantenimiento del rotor (20) o de la cadena de accionamiento dispuesta a continuación.
9. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizado por que**, antes de la inmovilización, el rotor (20) se hace girar a un ángulo del rotor de mantenimiento (δ) predeterminado.
10. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, **caracterizado por que** en una memoria electrónica se depositan ángulos azimutales de mantenimiento (α_w) asignados respectivamente a distintos ángulos del rotor (δ), se mide el ángulo del rotor (δ) con un dispositivo de medición conectado con una unidad de procesamiento de datos, se asigna mediante la unidad de procesamiento de datos el ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) correspondiente

al ángulo del rotor (δ) medido y se hace girar la sala de máquinas al ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) correspondiente mediante un dispositivo de seguimiento del viento.

5 11. El procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 8 a 10, **caracterizado por que** se hace girar la sala de máquinas (10) a un ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) entre -180° y -90° o entre 90° a 180° .

10 12. El procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** se hace girar la sala de máquinas (10) a un ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) entre -170° y -100° o entre 100° a 170° , de forma favorable a un ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) de -135° o $+135^\circ$.

15 13. El procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 8 a 12, **caracterizado por que** se desmonta al menos parcialmente una cadena de accionamiento dispuesta en la sala de máquinas (10), se interrumpe una conexión de comunicación entre la unidad de procesamiento de datos y un cubo del rotor (20) y se conecta un dispositivo auxiliar con la unidad de procesamiento de datos, simulándose de este modo la conexión de comunicación con el cubo del rotor (20)

20 14. Una instalación de energía eólica para la realización de un procedimiento de acuerdo con al menos una de las reivindicaciones 8 a 13 con una sala de máquinas (10) giratoria en una torre (30) a lo largo de un ángulo azimutal (α) y con un rotor (20) giratorio en la sala de máquinas (10) a lo largo de un ángulo del rotor (δ), **caracterizada por** una memoria electrónica, en la que está depositado al menos un ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) y un dispositivo de seguimiento del viento, con el que la sala de máquinas puede girarse para el mantenimiento a uno de los ángulos azimutales de mantenimiento (α_w).

25 15. La instalación de energía eólica según la reivindicación 14, **caracterizada por que** en la memoria electrónica están depositados ángulos azimutales de mantenimiento (α_w) para distintos ángulos del rotor (δ) y **caracterizada por** un dispositivo de medición del ángulo del rotor (δ), que está conectado con una unidad de procesamiento de datos, pudiendo asignarse en la unidad de procesamiento de datos un ángulo azimutal de mantenimiento (α_w) correspondiente a un ángulo del rotor (δ) medido.

30

35

40

45

50

55

60

65

